

事業リスクと災害リスク管理の統合効果

甲 斐 良 隆

要 旨

多くの企業において、事業リスクと災害リスクは管轄される部署が別になっており、オプションや保険といったリスクヘッジが統合的になされていない。その結果、過剰なヘッジによるコスト高を招いている可能性が高い。本論文においては、2つのリスクが無相関であることを利用した統合戦略を提案する。具体的には、事業損失と災害が同時に起こっても倒産しないために、その損失合計を自己資本以下に抑える必要があり、自己資本を超過する金額を保険金とし、その保険料を追加オプションで手当とする方式である。最適化手法を用いた個別管理方式に比べて、この統合管理方式が持つ効果を理論評価し、それをケーススタディで実証する。

I は じ め に

事業リスクとは、事業そのものの不確実性、例えば売上げや金利の変動によって引き起こされる収益変動のことである。一方、システムトラブルをはじめ、従業員の不正、事務ミス、火災・地震といった災害が増加しているが、これらは災害リスクやオペレーショナルリスクと総称される。この種のリスクの企業経営への影響が想像以上に大きいことが認識され始め、倒産コストの大きい銀行業では、2007年に改定される BIS 自己資本比率規制において、従来の市場リスク・信用リスクと同列の扱いとなった。すなわち、オペレーションに起因する損失を予測してそれを賄うに十分な資本の蓄積が要求されるのである[1]。

ところで、ほとんどの企業では、事業リスクは事業部門・資金部門、一方の災害リスクは総務部門が中心となって対処すべき仕事として切り分けされている。また、リスクヘッジの手法も異なっており、事業リスクに対してはオプションや先物といったデリバティブが使われ、災害リスクは保険でカバーするのが一般的である。つまり、これらのリスクは同一企業内でも別物扱いされ、統合的に管理しようとする発想や手段は存在してこなかった。

本論文の目的は事業リスクと災害リスクを統合的に管理した場合の合理化効果を推定すること、及びその具体的方法を明らかにすることである。

事業リスクはプット・オプション（具体的には、原油や為替オプション）の購入によって売上高 \tilde{x} の減少をヘッジし、災害リスクは保険加入でカバーするものと仮定する。ヘッジ手段がとられた後では、企業が実際に負担する事業損失は事業費用 c （確定値を仮定）からプット・オプションの行使価格（ K で表わす）を引いた金額が上限になり、災害の損失額 \tilde{y} は免責金額（ L で表わす）以下の部分に限定される。すなわち、最終的な損失額合計は

$$c - \tilde{x} - \min\{\tilde{x} - K, 0\} + \min\{\tilde{y}, L\} = c - \max\{\tilde{x}, K\} + \min\{\tilde{y}, L\}$$

であり、企業が倒産しないためには、リスクヘッジ後の損失合計が自己資本 E 以下でなければならない。つまり、

$$c - \max\{\tilde{x}, K\} + \min\{\tilde{y}, L\} \leq E$$

$$\therefore \max\{\tilde{x}, K\} - \min\{\tilde{y}, L\} \geq c - E \quad (1)$$

が企業存続の必要条件になる。

なお、以下では、事業売上げの変動と災害リスクの発生は独立であることを仮定している。

II 個別管理によるコスト最小化のケース

個別管理方式とは、事業と災害の2つのリスクに対し、別個にヘッジを行うケースである。ところで、オプションの行使価格の上昇はプレミアム（価格）を増加させ、保険の免責金額の上昇は保険料を低下させる。つまり、オプション・プレミアムは行使価格の単調増加、保険料は免責金額の単調減少関数である。

1 リスク毎に損失上限を設定

管理が簡単なため、現在、企業で最も多く採用されている方式である。例えば、経営者が過去の損失実績等をふまえ、予め、事業リスクに対し α_1 、災害リスクに対し α_2 といった損失の上限を設け、全体の損失を巨大資本以下に抑えるやり方である。行使価格 K のオプション価格を $f(K)$ 、免責金額 L の災害保険料を $g(L)$ とすると、

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq E$$

$$c - \max\{\tilde{x}, K\} \leq \alpha_1$$

$$\min\{\tilde{y}, L\} \leq \alpha_2$$

が倒産しないための条件になる。最小コストは、 $f(K)$ 、 $g(L)$ が単調関数なので

$$K = c - \alpha_1, \quad L = \alpha_2$$

の時に実現し、総コストは

$$f(c - \alpha_1) + g(\alpha_2)$$

で与えられる。

2 最小コストの組合せ

上記1が予め事業と災害の損失上限をそれぞれ設定するのに対し、この方式は事業損失と災害損失の合計が資本以下になることを条件に、予めオプション行使価格と免責金額の最適な組合せを見つけようというものである。

\hat{x} と \hat{y} が独立であること、及び数式(1)より、

$$K - L = c - E \quad (2)$$

のもと、事業売上げ減少に対するオプションのコスト $f(K)$ と災害保険料 $g(L)$ の合計ヘッジ・コストが最小になるように、 K と L を決定すればよい。つまり、以下の最小化問題

$$I_1 = \min_{\substack{K-L=c-E \\ K, L \geq 0}} \{f(K) + g(L)\} \quad (3)$$

を解くことによってヘッジ・コスト I_1 が求まる。

しかしながら、この管理手法は本来不要な保険を含んでおり過剰なリスクヘッジである。その理由は以下の通りである。

問題(3)の最適解を与える K, L をそれぞれ K^*, L^* とすると、きわめて小さな正の金額 δ を使い売上高、災害損失額を変化させてみる。

$$\hat{x} = K^* + \delta, \hat{y} = L^* + \frac{1}{2}\delta \quad (4)$$

この場合も、災害損失が免責金額 L^* を超えているから、個別管理方式では災害リスクの方が保険の対象になる。ところが、損失合計は

$$c - \hat{x} + \hat{y} = c - (K^* + \delta) + L^* + \frac{1}{2}\delta < E \quad (5)$$

$$\therefore K^* - L^* = c - E$$

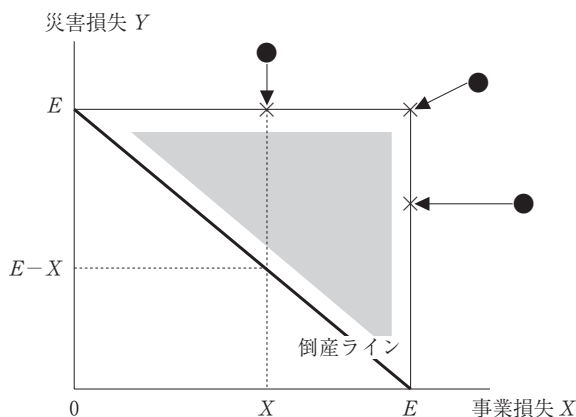
であり、このようなヘッジなしでも倒産しないで済む。すなわち、このケースは本来保険の対象になっていなくてもよい売上げ減少と災害損失の組み合わせである。つまり、不要な保険を掛けていることになる。

III 統 合 管 理

1 基本的な考え方

新しい保険の形態に「ブレンディド・プログラム」と呼ばれているものがある[2][3]。

図1 倒産ライン



従来の保険はいわゆる火災や盗難といった標準化された単品のリスクを対象にしていたが、これに対し、このブレンディッド・プログラムは複数のリスクを組み合わせたものである。個々のユーザーのニーズに合わせる相対契約が主流であるため、補償内容は様々であり、関連の低いリスクを統合してポートフォリオ効果を楽しむものや一つの事故が他の保険の実効トリガーとなる方式等がある。以下で述べる事業リスクと災害リスクの統合手法はこのような仕組みを前提にしたものである。

数式(1)は自己資本額 E 以上の損失を被れば倒産であることを示している。Ⅱ.2の個別管理方式の弊害は、ひとたび行使価格や免責金額を決定すれば、その後の事業推移に応じて変更できないことである。そのため、結果的に不要な補償部分が出現する。

統合管理とは、事業リスクの実現値に合わせて災害保険の補償水準を変動させると考え、余剰なヘッジをなくすことによって全体のコスト引下げを可能にしたものである。

図1は事業、災害の損失を (X, Y) 座標にプロットしたものである。発生した損失を●で、ヘッジによる補填後の損失を×で示している。行使価格 $c-E$ のプット・オプション、免責金額 E の保険を購入することによって、補填後の損失は発生損失の大きさに関わらず、一辺が E の正方形の範囲に収まる。しかし、これだけでは $(E, 0)$ $(0, E)$ を結ぶ倒産ラインより右上 $((E, 0)$ $(0, E)$ (E, E) の三角形の影部分)に損失がとどまっている場合には倒産が起こる。

それを回避するためには、事業損失が $\tilde{X} = c - \tilde{x} (> 0)$ になった場合、実質的な(補填した後の)災害損失を $E - \tilde{X}$ に抑えるように免責水準を設定し直す必要がある。そのために必要な追加保険料 $g_1(\tilde{X})$ を求めると、当初の保険料が $g(E)$ なので

$$\begin{aligned} \tilde{X} \leq E \text{ のとき} \quad & g_1(\tilde{X}) = g(E - \tilde{X}) - g(E) \\ \tilde{X} \geq E \text{ のとき} \quad & g_1(\tilde{X}) = g(0) - g(E) \end{aligned} \quad (6)$$

となる。追加保険料は事業結果のみに影響を受け、また、事業リスクと災害リスクが独立なので追加保険料も災害リスクと独立である。つまり、災害の結果と無関係に予め確率分布が確定し価格を決定できる。

2 追加保険料の評価

つぎに、免責金額と保険料の関係を明らかにする。保険料は期待損失に保険会社の管理経費、利潤率 γ を上乗せしたものと考えられるから、免責金額 H 、損失の確率密度関数 $h(\tilde{x})$ を用いると、保険料 $g(H)$ は

$$g(H) = (1 + \gamma) \int_H^\infty (\tilde{x} - H) h(\tilde{x}) d\tilde{x} \quad (7)$$

と表せられる。これを H について微分すると、

$$g'(H) = (1 + \gamma)[-Hh(H) - \rho(H) - H(-h(H))] = -(1 + \gamma)\rho(H) < 0 \quad (8)$$

である。ただし、 $\rho(H)$ は(9)で表わされる損失が免責金額 H を超える確率であり、 H の単調減少関数である。

$$\rho(H) = \int_H^\infty h(\tilde{x}) d\tilde{x} \quad (9)$$

さらに(8)式を微分すると、

$$g''(H) = -(1 + \gamma)\rho'(H) > 0 \quad (10)$$

$$\because \rho'(H) < 0$$

が得られる。

次に、 $0 \leq \tilde{X} \leq E$ の範囲で、以下の関数 $S(\tilde{X})$ を定義する。

$$S(\tilde{X}) \equiv \frac{g(0) - g(E)}{E} \tilde{X} - g_1(\tilde{X}) = \frac{g(0) - g(E)}{E} \tilde{X} - g(E - \tilde{X}) + g(E) \quad (11)$$

ところで、両端 $X=0, E$ で

$$S(0) = \frac{g(0) - g(E)}{E} 0 - g(E) + g(E) = 0 \quad (12)$$

$$S(E) = g(0) - g(E) - (g(0) - g(E)) = 0 \quad (13)$$

が成り立つ。また、

$$S'(\tilde{X}) = \frac{g(0) - g(E)}{E} + g'(E - \tilde{X})$$

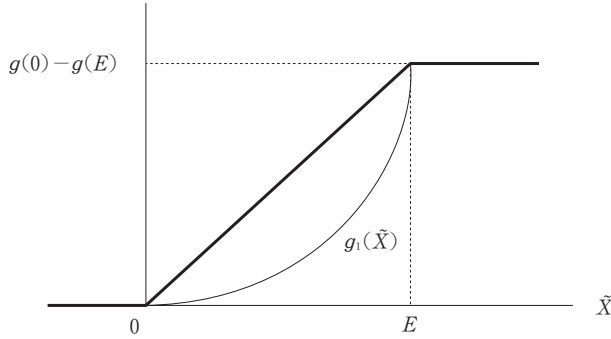
$$S''(\tilde{X}) = -g''(E - \tilde{X}) < 0$$

であり、 $S'(\tilde{X})$ は連続でかつ単調減少することが分かる。したがって、(12)(13)より、

$$S(\tilde{X}) \geq 0 \quad (14)$$

となる。すなわち、

図2 必要保険料とペイオフライン



$$\frac{g(0) - g(E)}{E} X \geq g_1(\tilde{X}) \quad (15)$$

である。このことは、図2の太線で示したペイオフラインがいかなる事業損失 \tilde{X} に対しても追加保険料 $g_1(\tilde{X})$ (曲線の部分) を上回っていることを示している。

損失 \tilde{X} の水準に従ってペイオフラインの金額を災害保険の追加保険料として拠出できれば、全損失額が自己資本 E 以下におさまる。不確実な事業リスクによって倒産しないための必要追加保険料は同様に不確実であるが、その保険料をまかなうためにオプションを購入しておくというのが統合戦略である。過剰な保険料が不要になる分、個別管理の場合より全体のヘッジ・コストが減少する。

IV 統合管理の効果

1 2つの方式のコスト差

実際には、このペイオフ (実際の金額は満期時にしか確定しないが) を災害損失の保険料に充当するため、契約時に保険引き受け会社へ譲渡することになる。

ところで、このペイオフラインは、行使価格 c のプット・オプションの買いと行使価格 $c-E$ のプット・オプションの売却を同時にすることで達成される。この組み合わせオプションの価格は

- ・行使価格 c のプット・オプション価格 $f(c)$
- ・行使価格 $c-E$ のプット・オプション価格 $f(c-E)$

の差額と売買量 $\frac{(g(0) - g(E))}{E}$ の積になるから、

$$(f(c) - f(c-E)) \frac{(g(0) - g(E))}{E}$$

である。したがって、統合管理方式における総ヘッジコスト I_2 はこの追加保険料に行使価格 $c-E$ の事業オプション・プレミアム、免責金額 E の災害保険料を加えて

$$I_2 = f(c-E) + g(E) + \frac{(f(c) - f(c-E))(g(0) - g(E))}{E} \quad (16)$$

になる。

I_1, I_2 の差額(17)が統合管理の効果である。一般的には統合管理方式がより低コストの補償機能を提供するが、追加保険料の凸性が強くペイオフラインとの乖離が大きいと逆の結果になりうることに注意が必要である。

$$I_1 - I_2 = I_1 - f(c-E) - g(E) - \frac{(f(c) - f(c-E))(g(0) - g(E))}{E} \quad (17)$$

2 ケーススタディ

事業を営みながら不意の災害を被る危険性をもつ企業を想定する。損失許容度（自己資本に相当）を30億円として、今後1年間の損失合計がその水準を超えないために、最小コストのリスクヘッジ政策を決定するものとする。

事業から生じる売上高 \tilde{U} は不確実であり、売上高の確率分布は、平均100億円、標準偏差25%の対数正規分布とする。

$$\therefore \log \tilde{U} \in N(\log 100, 0.25) \quad (18)$$

また、事業費用は80億円の一定額と仮定する。したがって、売上高に対するプット・オプションの行使価格を50～80億円の範囲で考えればよい。

一方、災害は平均0.2回/年のポアソン分布に従って起こり、1回の事故損失 \tilde{g} は、その対数が平均3（金額に換算すると e^3 億円）、標準偏差1の正規分布に従うものとする。プット・オプションのプレミアム $f(K)$ は(19)のブラック・ショールズ式で計算され、保険料は(7)式で与えられ、 $\gamma=0.2$ 、金利 $r=0.05$ 、期間 $T=1$ とする。

$$f(K) = -N(-d_1)A + N(-d_2)Ke^{-rT} \quad (19)$$

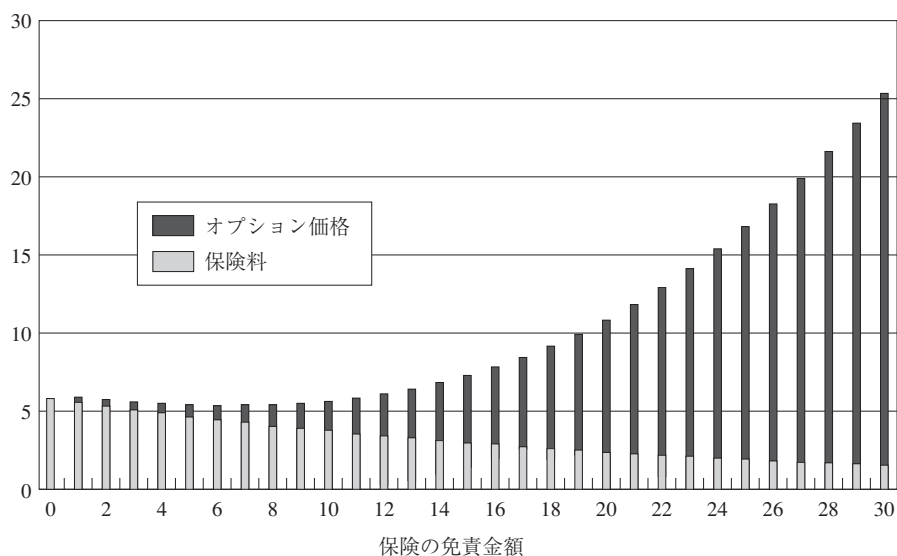
$$d_1 = \frac{\log(A/K) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

個別管理及び統合管理の場合に分けて、それぞれの最適政策を求める。

(1) 個別管理方式

オプションによるヘッジ後の事業最大損失と保険の免責金額の合計が30億円という条件の下で最小コストを求めたところ、オプションの行使価格56億円（最大損失＝80－56＝24）、保険の免責金額6億円とした場合に総コストが最小になる、という結果が得られた。その

図3 個別管理方式の総ヘッジ・コスト



ときのコストは5.33億円であった。ちなみに図3が免責金額ごとの総コストを示している。

(2)統合管理方式

数式(16)に基づいて計算を行なうと、4.91億円が総費用となる。その内訳は

内 訳		コスト
オプション料	行使価格 50	0.01
保 険 料	免責金額 30	1.51
追加保険料支払いのための 複合オプション料		3.39

である。

(1)(2)を比較すると、統合管理による効果は

$$5.33 - 4.91 = 0.42 \text{ 億円}$$

に達することが分かる。

V さ い ご に

実務では目的に応じて多くのリスク指標、リスク管理手法が用いられているが、万能なものはない。しかし、企業経営にとって、統合的、組織横断的にリスクを測ることは常に正しい。多くの場合、本論文で示したようにヘッジ・コストの低減に結びつく。事業リ

スクと災害リスクのように無相関であるリスクについては特にその効果が大きい。また、規制緩和の流れを受けて、金融と保険の垣根が低下し、統合的管理を実践できる金融商品や金融市場等のインフラストラクチャが整いつつある現在、本論文のアイデアをはじめ、様々なプログラムが具体化されることを期待したい。

参 考 文 献

- [1] Basel Committee on Banking Supervision, “自己資本に関する新しいバーゼル合意”, 2001
- [2] Prakash Shimpi, “Integrating Corporate risk management”, Thomson Learning College, 2001
- [3] 森本祐司, “金融と保険の融合について”, 日本銀行金融研究, 2000